The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	高大連携物理教育セミナー　基礎工学研究科研究室訪問　報告
Author(s)	
Citation	高大連携物理・化学教育セミナー報告書. 2018, 29
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/67774
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【研究室訪問】

高大連携物理教育セミナー　基礎工学研究科研究室訪問　報告

日時：２０１７年８月８日（火）10-12 時

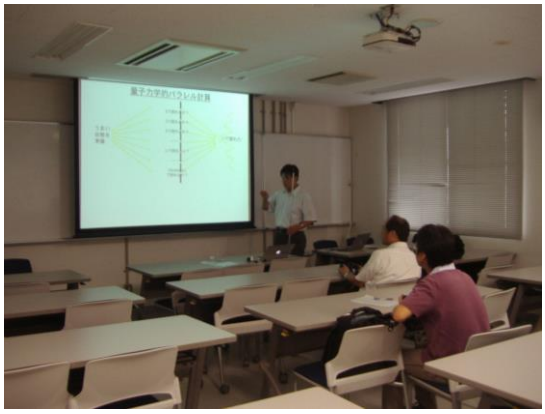
場所：基礎工学研究科および基礎工学研究科付属極限センター　各研究室

高大連携物理教育セミナーにおける企画として、基礎工学研究科 物質創成専攻 物性系（物性物理工学領域＋未来物質領域物性系）研究室訪問を行いました。これは基礎工学部電子物理科学科物性物理科学コースの８研究室から２研究室を１研究室あたり４０分程度の時間で訪問してもらい最先端の物性研究の説明・装置見学・簡単な実習などを行っていただくものです。分野としては、物理の中でも物性物理と括られますが応用に近い内容から基礎的な内容まで多岐にわたり、基礎的でも意外と応用に近い研究室もあります。キーワードとしては、超伝導・光物性・シンクロトロン放射光・構造物性・超高圧・計算物質科学・量子情報等となりました。研究室見学先については、あらかじめ各研究室から提示した簡単な内容紹介をまとめた要領を開催の案内と同時に送付・周知ししました。参加予定の方から研究室訪問の前日までに第４希望程度までを書いていただいた調査票を提出いただいたうえで、世話人の関山がとりまとめて割り振り、８／８当日直前に各研究室に連絡しました。今回１３名の方が参加しました。

当日は、まずセミナー会場であるシグマホールにて関山が基礎工学部物性コースの全体説明（別添）を１５分程度で行いました。見学先の各研究室より引率者１名（教員、学生、職員）に全体説明終了までにシグマホールに来てもらうよう手配しており、全体説明終了後すぐに参加者は１回目見学先研究室への引率者のもとに集まって、そのまま見学先に向かいました。参加者には関山が作成した基礎工建物内地図およびメンバー／時間割り振り表を配布しておき、１回目見学先から２回目見学先への移動は原則１０分間の移動・休憩時間中に参加者各自で行っていただきました。２回目の見学後現地解散（昼休み）と全体説明の際にアナウンスし、各自解散されました。過去の反省を生かし、１→２回目の研究室の移動については可能な範囲で関山が各研究室を回って案内・１回目見学先の先生にもご協力いただいて見学者の方を案内・指示いただくことで昨年までよりはスムーズな移動ができたように思います。

参加された高校の先生方は概ね熱心に説明を聞き、実験装置に興味をもっていただけたようです。スライドでの説明後装置見学という研究室では、装置見学の方にむしろ熱心な参加者もおられ、４０分では少し時間が足りないところもあったようですが、概ね適切な時間配分だったのではないかと思っております。

研究室訪問の様子



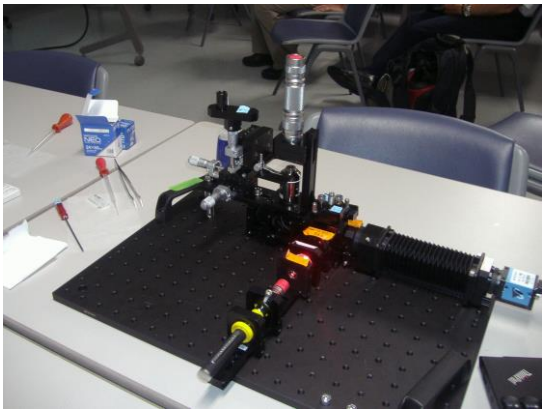
井元研（井元教授）

若林研（若林准教授）

草部研（草部准教授）

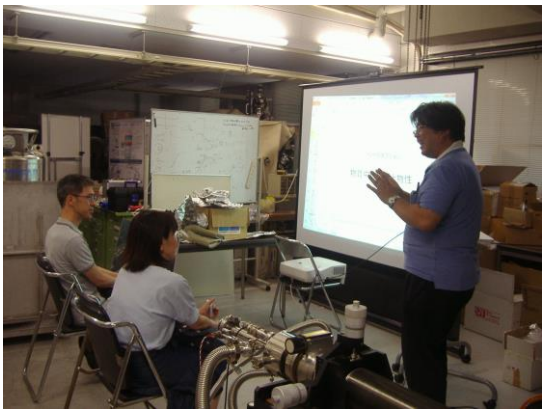
鈴木研（三輪准教授）

石原研（石原教授）



光圧捕捉のデモ機（石原研）

椋田研（椋田准教授）



関山研（木須准教授）

この他に、清水研究室（基礎工学研究科科学センター）も参加して説明を行いました。
ご協力頂いた先生方および参加された先生方、どうもありがとうございました。

大阪大学基礎工学部
電子物理科学科
物性物理科学コース

ENGINEERING SCIENCE

物理学

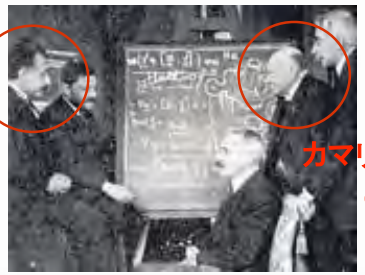
物質の根源（ひも？）と
時空の起源，
それらを支配する基本法則

原子・分子・電子等のミクロな要素
がマクロな数、集まり、相互作用
することによって発現する現象
の探求

量子力学　**物性物理学**　統計物理学

超伝導、超流動、磁性、半導体、レーザー、分子エレクロニクス、
量子情報　etc　　個々の要素の基本法則だけでは理解不能

アインシュタイン
にも解けなかった
超伝導の謎



カマリンオンネス
（超伝導発見, 1911年）

大阪大学基礎工学部って？

ENGINEERING SCIENCE

1961年創設、今年で創設56年

「科学と技術の融合による科学技術の根本的な開発
それにより人類の真の文化を創造する学部」

基礎工学＝「基礎の工学あるいは工学の基礎」、ではない！

Engineering Science の訳語、つまりは「工学の科学」

物理	電子物理科学科	エレクトロニクスコース 物性物理科学コース
化学	化学応用科学科	合成化学コース 化学工学コース
生物・機械・応用数学	システム科学科	機械科学コース 知能システム学コース 生物工学コース
情報・数学	情報科学科	計算機科学コース ソフトウェア科学コース 数理科学コース

物理学

物質の根源（ひも？）と
時空の起源，
それらを支配する基本法則

原子・分子・電子等のミクロな要素
がマクロな数、集まり、相互作用
することによって発現する現象
の探求

量子力学　**物性物理学**　統計物理学

超伝導、超流動、磁性、半導体、レーザー、分子エレクロニクス、
量子情報　etc　　個々の要素の基本法則だけでは理解不能

More is different !

多は異なり

P.W. Anderson
1977 ノーベル賞

物性物理学

物質の様々な性質の起源をミクロに解明
新しいテクノロジーを生み出す

John Bardeen

1956年 ノーベル賞
(トランジスタの発明)
1972年 ノーベル賞
(超伝導の理論)

半導体、トランジスタ等の
電子デバイス: 基礎科学としての
量子物理学から生まれた

学部入試

2年生になる時にわかれる

電子物理科学科 定員 99人 エレクトロニクスコース 定員 50人程度 物性物理科学コース 定員 50人程度	化学応用科学科 定員 84人 合成化学コース 定員 40人程度 化学工学コース 定員 45人程度
システム科学科 定員 169人 機械科学コース 定員 80人程度 電子システム学コース 定員 50人程度 生物工学コース 定員 40人程度	情報科学科 定員 68人 計算機科学コース 定員 30人程度 ソフトウェア科学コース 定員 30人程度 数理科学コース 定員 10人程度

「物性物理科学」とは？

物理学を基礎に「物質中のミクロな原子の世界」と「マクロな性質や現象」との関連を明らかにし、モノの性質（物性）を理解し、デザインし、これまでにない可能性を実現する先端科学

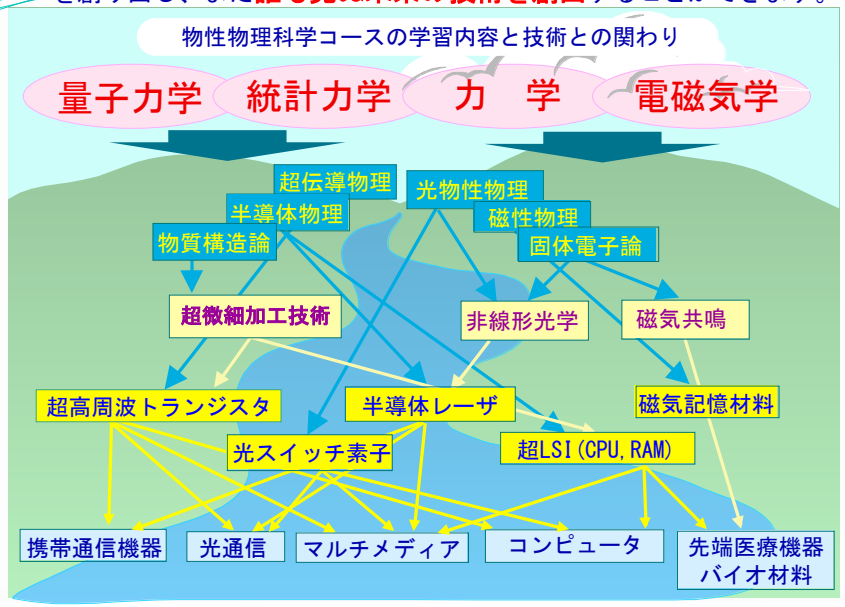
「物質の電気的、磁気的、光学的性質の理解」
「物質における未知の現象の探求」
「物質の性質を調べるための新しい測定方法の開発」
「新物質の創成」

[関連するキーワード] 超伝導、ナノサイエンス、半導体、レーザー、磁性、分子エレクトロニクス、量子情報など

物性物理科学コースでは、

独創的な技術や工学を生み出す物性物理を
基礎から応用まで幅広く学びます。

確かな物理的基礎力を身につけた技術・研究者は、自ら新しい流れを創り出し、まだ誰も見ぬ未来の技術を創出することができます。



物性物理科学コース・物性物理科学分野の過去5年間の就職先（業種別）

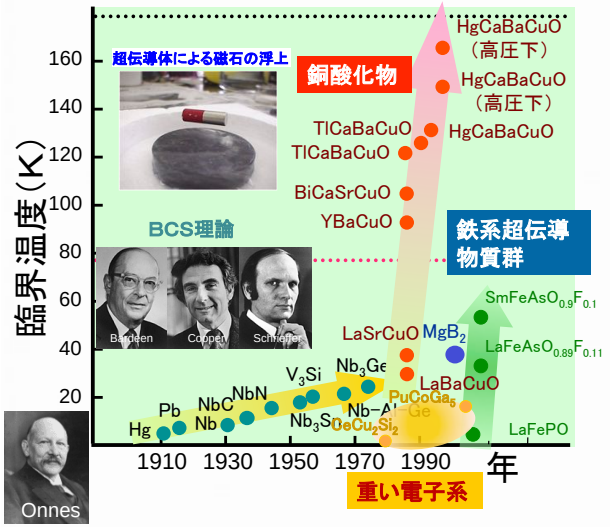
製造業含め本当に幅広い分野の企業で
「物性物理の専門家」が求められている

化学系企業に**博士卒**が就職
「物理の分かる人がいないと困る」

自動車製造企業に**博士卒**が就職
「ハイブリッド自動車のキモとなるモーターの磁石開発には物理の専門家が必要」

今後はAI・ロボット関係にも進出？　それは若い人次第でしょう

超伝導　発見から100年目の超伝導



2014年度に着工。東京―名古屋間で2027年に開業

ここ20年間、これまでのBCS理論では説明できない超伝導体が続々と発見されてきた！

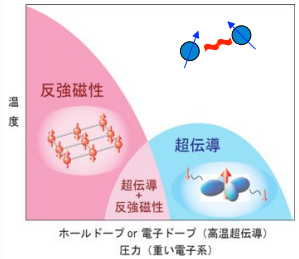
物性物理科学コースの研究室

- 鈴木研究室（スピントロニクスとナノスピン新物質の創製）
- 多田研究室（分子エレクトロニクス、界面エンジニアリング）
- 椋田研究室（NMR法を用いた超伝導・物質科学の先端研究）
- 藤本研究室（強相関電子系・トポロジカル電子系の理論的研究）
- 若林研究室（多機能マテリアル・表面界面の構造物性研究）
- 関山研究室（SPring-8 放射光分光（バルク敏感・角度分解光電子分光）
- 清水研究室（極限量子科学研究センター）（超高圧/極低温/強磁場下の極限物性研究）
- 芦田研究室（レーザー光と物質の相互作用の基礎及び応用研究）
- 井元研究室（量子情報処理および量子光学の研究）
- 石原研究室・草部研究室（ナノ光物性理論・マテリアルデザイン）
- 産業科学研究所3研究室

強相関電子系グループ（椋田研、藤本研）

新しい超伝導体、磁性体に関する世界最先端の研究を進めています。

エキゾチック超伝導体の電子相図



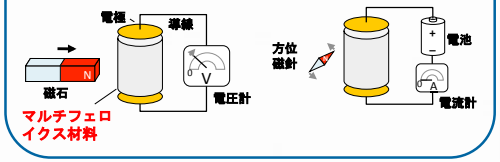
多電子相関系の新量子現象の発見と機構解明

高温超伝導の発見

磁気浮上　永久磁石

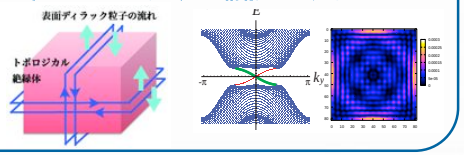
電流や電場を直接物質に加えることにより磁石の性質を変える。

磁場を使った電荷制御・電場を使ったスピン制御



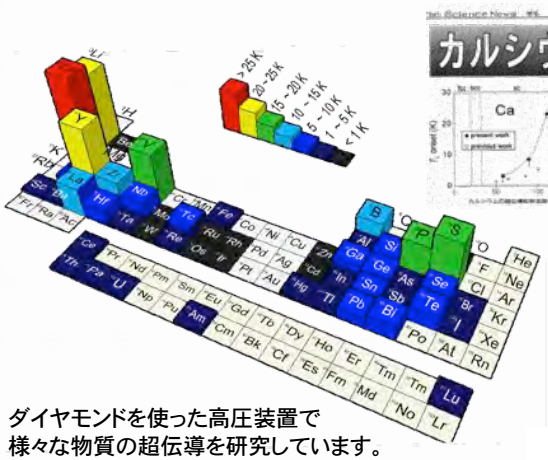
トポロジカル絶縁体・トポロジカル超伝導体などの新しい量子凝縮相の理論研究

物質中で実現するディラック粒子、マヨラナ粒子の基礎理論の解明とそのスピントロニクス、量子情報への応用など



超伝導　超高圧下など極限環境下での新しい超伝導体を続々と見つけています。（清水研）

百万気圧以上の超高圧力や超強磁場、極低温など様々な極限環境における新物質相を研究し、物質の成り立ちを支配する普遍的な機構に迫ります。

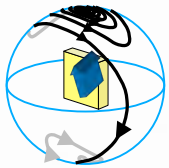


ダイヤモンドを使った高圧装置で
様々な物質の超伝導を研究しています。
元素の超伝導の世界記録を持っています。

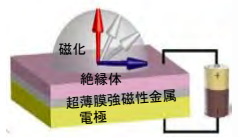
ダイヤモンド
超高圧発生装置

スピントロニクス　実験・理論の両面から新しいスピンの制御方法を探っています。（鈴木研、藤本研）

スピン注入磁化反転

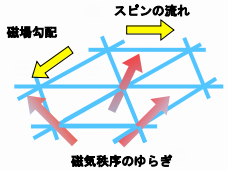


電圧によるスピンの制御デバイス

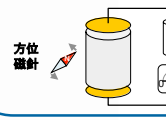


平成21年1月　朝日新聞

磁性体におけるスピン波のホール効果の理論



電場と磁場を使ったスピン・電荷制御



平成22年8月　日刊工業新聞

スピントロニクス　スピントロニクスとは？

電子の二つの顔 “スピン”と“電荷”を巧みに使う

電子工学
電荷の制御

IC　トランジスタ
半導体レーザー

磁気工学
電子スピンの制御

HDD　磁気センサー
永久磁石

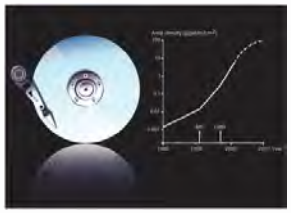
融合

スピントロニクス
電子工学と磁気工学を融合した新しいエレクトロニクス

スピントロニクス研究の開祖
（2007年ノーベル物理学賞）

Fert

Grünberg



ノーベル賞公式Webサイトより

分子エレクトロニクス　分子エレクトロニクスって何？

有機材料や究極的には1個の分子を用いた電子工学

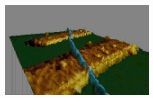
有機エレクトロニクス
有機薄膜デバイス
（有機EL、有機FET）

分子スケールエレクトロニクス
単一分子デバイス

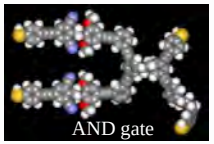
1 μm　100 nm　10 nm　1 nm

テレビディスプレイ

フレキシブルディスプレイ
フレキシブルトランジスター



カーボンナノチューブトランジスター



分子トランジスター

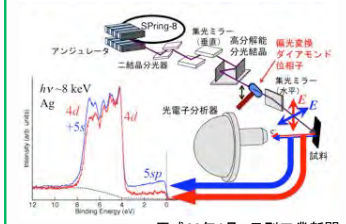
すでに実用化 ―――――――――― 萌芽的・挑戦的

分子エレクトロニクス　分子エレクトロニクスって何？

先端光技術　超伝導、スピントロニクス、分子エレクトロニクスなど様々な物質の個性を見分け、背後にある物理を理解し、新たな光技術を開発する。

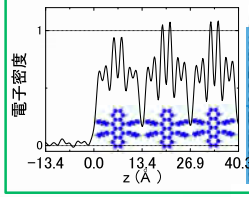
（関山研、芦田研、清水研、若林研）

光電子分光測定で
金と銀の特性の違いを理解する



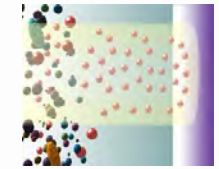
平成22年4月　日刊工業新聞

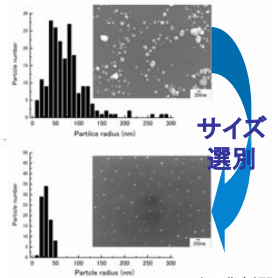
有機半導体表面の微細構造を理解する



平成22年1月
日刊工業新聞

レーザー光照射でナノ粒子を
サイズごと選別する

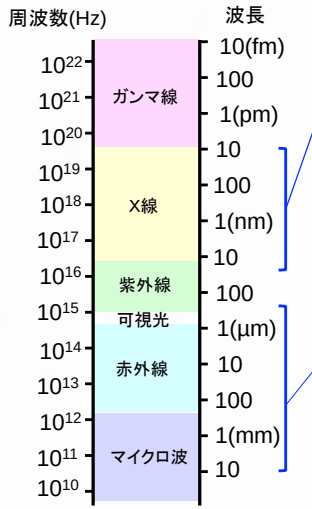




光でナノ粒子操作　日刊工業新聞
平成18年8月

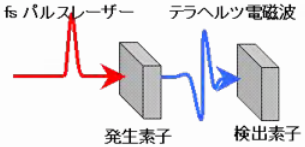
先端光技術　特殊な光を使って物質の個性を調べる。

様々な種類の光

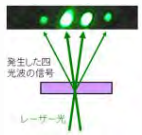


加速された電子が放つ光（シンクロトロン放射光）

レーザーが発する特殊な光



テラヘルツ時間領域分光



超高速非線形光学応答

量子情報　量子情報・量子光学って何？

「情報は、光子や電子やスピンなどの物理的実体に載っている」
「物理的実体をつかさどる法則は量子力学である」
→「量子力学に則った情報理論を組み立てたらどうなるか？」
→「情報処理の革命が起こる！」→「ではそれを物理的に実現しよう！」

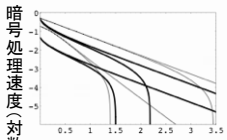
「できない」ことで有名な問題

現在の情報処理／通信技術でできないこと	量子コンピューターや量子通信で可能？
無条件安全なプライバシー通信	○（量子暗号）
選管を置かない選挙	？
巨大整数の素因数分解	○（量子コンピューター）
巨大有限体上の対数演算	○（量子コンピューター）

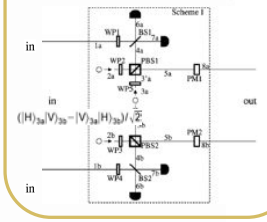
量子情報

量子暗号、量子コンピューティング、量子テレポーテーション等を新しい量子力学で実現すること目指しています。（井元研）

量子暗号の「現実条件下での」安全性の理論



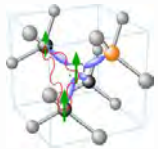
量子演算光回路提案



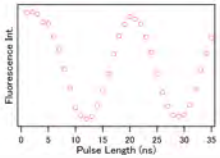
盗聴できない「量子暗号」
通信速度1万倍
阪大が開発

日本経済新聞
平成19年11月

スピンを使った量子計算



ダイヤモンド中の点欠陥に局在するスピン



個々のスピンの制御と量子計算

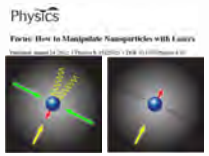
読売新聞
平成20年9月
量子コンピューター
極微世界の不思議
大量情報

独創的な物性理論研究室（石原研、草部研）

する事をシミュレーションにより解明。

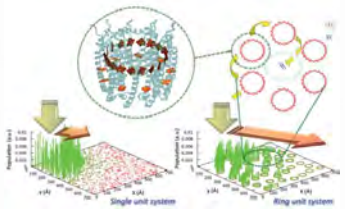
独創的な物性理論研究室（石原研、草部研）

石原研　ナノ光物性理論

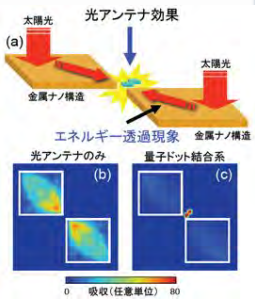


米国物理学会HPで紹介された光によるナノ物質運動操作の理論的予言の紹介

光の力で微小物質の人工的構造を作製するイメージ



なぜ円か？　光合成細菌が持つ光捕集アンテナの形の謎に迫る！　円形アンテナが超高効率エネルギー伝達を可能にする事をシミュレーションにより解明。



人工金属構造によるナノ光アンテナにより光エネルギーが量子ドットに集中することを理論的に解明。太陽エネルギーの効率的利用技術などへ応用が期待される。

草部研　不確定性の世界を探る

基礎 量子力学と不確定性

層状超伝導体の理論
K. Kusakabe, J. Phys. Soc. Jpn. **78** (2009) 114716.

JPSJ Most Cited Articles in 2013 - 2009 since Vol. 1 (1946)

Peculiar Localized State at Zigzag Graphite Edge : Mitsutaka Fujita, Katsunori Wakabayashi, Kyoko Nakada, and Koichi Kusakabe J. Phys. Soc. Jpn. **65** (1996) 1920

応用 Pd nano-particle
Pd oxide film

$(La_{1-y}Sr_y)(Fe_{1-x}Pd_x)O_3$

ペロブスカイト型三元触媒の機能化と脱貴金属化

K.Kusakabe&H.Kizaki:Japan patent submitted #2009-204665

物性コース教員らによる研究成果

物性コース教員は

世界最先端の研究
新概念・研究分野の創出

を実践することで
国際的に高い評価を受け

数々の受賞・新聞報道
にも現れています

文部科学大臣表彰（H25,H26)
日本磁気学会業績賞(H26)
井上奨励賞（H26)
VUVX Conference Award (H28)
日本高圧力学会賞（H28）
…